

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性層と、この活性層上に直接または1乃至数層の結晶層を介して重ねられるとともに一部がリッジとなりかつリッジの両側がリッジよりも低いリッジサイド層となる結晶層と、を有する半導体レーザ素子の製造方法であって、前記リッジの形成においては、前記活性層上にまたは活性層上の所定結晶層上に前記リッジサイド層の厚さの結晶層を形成した後、この結晶層の前記リッジサイド層形成部分に対応する表面にマスクを形成し、その後前記マスクから外れた露出する結晶層表面にエピタキシャル成長層を形成することによって所望のリッジを形成することを特徴とする半導体レーザ素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は半導体レーザ素子、特にチャンネルストライプ型半導体レーザ素子の製造方法に関し、たとえば、活性層の上方にリッジ（リッジ導波路）を設けた半導体レーザ素子の製造方法に適用して有効な技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体レーザの一つとして、埋め込み型半導体レーザが知られている。特開昭61-210687号公報には、半導体基板上に2本のストライプ状マスクを形成した後、この基板上にクラッド層、活性層、クラッド層を順次積層し、その後前記マスクを除去し、ついで電流狭窄層を形成することによって埋め込み型半導体レーザを製造する方法が記載されている。

【0003】 一方、半導体レーザの他の構造の一つとして、平坦な活性層の上方にリッジを有する結晶層を設けたチャンネルストライプ型の半導体レーザ素子が知られている。たとえば、電子情報通信学会発行「電子情報通信学会論文誌C-1 No. 5」、1990年5月25日発行、P246～P252には、「670nm波長GaInAsP/AlGaAs分布帰還形レーザの構造設計と試作」なる題名で、リッジ導波路形GaInAsP/AlGaAsDFBレーザが開示されている。この文献には、n-GaAs基板の上にn-AlGaAs、GaInAsP (Active)、p-AlGaAs、p-GaInP (ガイド層)、p-AlGaAs (クラッド層)、p-GaAs (キャップ層)を順次形成するとともに、リッジ導波路構造の形成においては、GaAsキャップ層およびp-AlGaAsクラッド層を選択的にエッチングして形成することが記載されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上記のようにリッジ導波路構造の半導体レーザが知られているが、本出願人においても同様な構造の半導体レーザ（半導体レーザ素子）を開発している。この半導体レーザ（以下リッジ導波路型半導体レーザとも称する）は、図6に示すように

2

n型GaAs基板（半導体基板）1上に、n型GaAs層2、n型AlGaAs層3、活性層4、p型AlGaAs層5、p型GaAs層6を形成した後、最上層上面にストライプ状にマスクを形成し、その後前記p型AlGaAs層5の下部を所定の厚さ（a）残すようにしてエッチングを行い、ストライプ状のリッジ7を形成する構造となっている。前記リッジ7の両側の残留するp型AlGaAs層5部分、すなわちリッジサイド層8は、効果的な電流狭窄および光吸収を得るために所定の厚さ（a）に形成されている。また、前記リッジ7の両側にはn型GaAs層9が埋め込まれている。また、このn型GaAs層9およびp型GaAs層6の上全体にはp型GaAs層10が形成されている。さらに、前記p型GaAs層10の表面には選択的に絶縁膜11が設けられるとともに、p型GaAs層10上には電極（アノード電極）12が設けられ、n型GaAs基板1の裏面には電極（カソード電極）13が設けられている。

【0005】 このようなリッジ導波路型半導体レーザ（半導体レーザ素子）の製造におけるリッジ（リッジ導波路）の製造においては、本出願人はストライプ状のエッチング用マスクを用いたエッチング（化学エッチング）によってリッジを形成している。しかし、化学エッチングは、リッジ側面方向および深さ方向のバラツキが大きく、前記リッジの幅および前記リッジサイド層の厚さを再現性良く形成でき難いことが分かった。リッジ導波路型半導体レーザにおいては、前記リッジサイド層の厚さはキンクレベル、非点隔差、ビーム放射角の素子特性と相関があり、適正な範囲での制御が必要である。たとえば、リッジサイド層の厚さにおける精度は±数nmのオーダーである。リッジの形成に付随するリッジサイド層の形成におけるバラツキは、リッジを形成するための1.6μm前後と厚いp型AlGaAs層のエピタキシャル成長のバラツキと、この厚いp型AlGaAs層を化学エッチングした際のバラツキとによるため、リッジサイド層の厚さバラツキは大きくなる。このため、従来の化学エッチングによるリッジ形成方法では、半導体レーザ素子の製造歩留りの向上が難しい。なお、前記文献による埋め込み半導体レーザの場合も、リッジとも言えるものを形成し、このリッジ部分に活性層を形成してあるが、リッジサイド層を設けることも記載されておらず、リッジサイド層の厚さを厳格にしなければならないというような問題意識は見当たらない。

【0006】 本発明の目的は、リッジ幅、リッジサイド層の厚さを高精度に形成することによって、リッジ導波路型半導体レーザ素子の製造歩留りを向上させることにある。本発明の前記ならびにそのほかの目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面からあきらかになるであろう。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本願において開示される

50

発明のうち代表的なものの概要を簡単に説明すれば、下記のとおりである。本発明のリッジ導波路型半導体レーザ素子は、活性層の上方にリッジを形成するに際して、リッジサイド層の厚さ寸法となる結晶層をエピタキシャル成長法によって形成した後、この結晶層のリッジサイド層形成領域にホトリソグラフィ技術によってマスクを設け、その後エピタキシャル成長法によってマスクから外れた前記結晶層上にエピタキシャル成長層を所定厚さに形成することによって所望寸法のリッジとリッジサイド層を形成する。

【0008】

【作用】上記のように、本発明の半導体レーザ素子の製造方法によれば、リッジおよびリッジサイド層の形成においては、リッジサイド層にあつては、制御性の優れたエピタキシャル成長法によって形成されるため厚さ寸法は高精度となる。また、リッジにあつては、リッジ幅は制御性の優れたホトリソグラフィ技術によって決められ、厚さは制御性の優れたエピタキシャル成長法によって決められることから高精度寸法となる。

【0009】

【実施例】以下図面を参照して本発明の一実施例について説明する。図1は本発明の半導体レーザ素子の製造方法によって製造された半導体レーザ素子の断面図、図2～図5は本発明の半導体レーザ素子の製造方法における各工程での図であつて、図2はリッジサイド層形成用結晶層が設けられた半導体基板等の断面図、図3はリッジが形成された半導体基板等の断面図、図4は埋め込み層が形成された半導体基板等の断面図、図5はリッジや埋め込み層を被う結晶層が形成された半導体基板等の断面図である。

【0010】この実施例では、 $0.78\mu\text{m}$ 帯の可視光半導体レーザに本発明を適用した例について説明する。本発明の製造方法によって製造されたリッジを有する半導体レーザ素子は、図1に示すような構造となっている。すなわち、この半導体レーザ素子は、半導体基板（ n型GaAs 基板）1上に、 n型GaAs 層2、 n型AlGaAs 層3、 AlGaAs からなる活性層4を順次積層した構造となっている。また、この活性層4上には、中央がストライプ状の突起となったリッジ7と、このリッジ7の両側に延在するリッジ7よりも低いリッジサイド層8とからなる p型AlGaAs 層5が設けられている。また、前記リッジ7の上部は前記 p型AlGaAs 層5に重ねられて形成された p型GaAs 層6となっている。また、リッジ7の両側のリッジサイド層8上には n型GaAs 層9が埋め込まれている。この n型GaAs 層9と前記 p型GaAs 層6の表面（上面）は略同一平面上に位置している。そして、この p型GaAs 層6および n型GaAs 層9上には p型GaAs 層10が設けられている。さらに、前記 p型GaAs 層10の表面には選択的に絶縁膜11が設けられるとともに、 p

型 GaAs 層10上には電極（アノード電極）12が設けられ、 n型GaAs 基板1の裏面には電極（カソード電極）13が設けられている。

【0011】つぎに、このような半導体レーザ素子の製造方法について、図2～図5を参照しながら説明する。最初に図2に示すように、厚さ数百 μm の n型GaAs からなる半導体基板1が用意される。その後、この半導体基板1の上面には、常用のエピタキシャル成長法により厚さ $0.5\mu\text{m}$ 程度の n型GaAs 層2、厚さ $1.8\mu\text{m}$ 程度の n型AlGaAs 層3、厚さ $0.1\sim 0.2\mu\text{m}$ 程度の活性層4、厚さ $0.2\sim 0.3\mu\text{m}$ 程度の p型AlGaAs からなるリッジ形成用結晶層20が順次形成される。前記リッジ形成用結晶層20は、最終的にはリッジサイド層を形成する。リッジサイド層の厚さは半導体レーザの特性に大きく影響する。したがって、リッジサイド層となるリッジ形成用結晶層20を高精度制御が可能なエピタキシャル成長法によって形成することによって、リッジ形成用結晶層20の厚さは高精度となる。そこで、この実施例では、前記リッジ形成用結晶層20の厚さ（a）は、前記リッジサイド層8の厚さ寸法に設定される。したがって、リッジ形成用結晶層20の厚さバラツキは、設計値の \pm 数十 nm 以下のバラツキに押さえられることになる。ついで、このような半導体基板1の上面側には、常用のホトリソグラフィによって、中央部の $4\sim 5\mu\text{m}$ 程度の幅のストライプ領域を除く領域に絶縁膜で形成されるマスク21が設けられる。

【0012】つぎに、前記半導体基板1の上面側には常用のエピタキシャル成長が施される。この結果、図3に示すように、前記マスク21から露出するリッジ形成用結晶層20の表面にはエピタキシャル成長層が形成されるため、リッジ7が形成されることになる。このリッジ7にあつては、リッジ幅は高精度制御が可能なホトリソグラフィによって決定できるため高精度となる。また、リッジ高さは高精度制御が可能なエピタキシャル成長法によって決定されるため高精度となる。また、このエピタキシャル成長においては、最初にリッジ形成用結晶層20と同じ p型AlGaAs からなる結晶層（ p型AlGaAs 層5）が形成され、つぎに他の結晶層、すなわち p型GaAs 層6が形成される。この結果、同一組成の p型AlGaAs からなるリッジ7と、このリッジ7の両側に延在するリッジサイド層8が形成されることになる。このリッジサイド層8は所定の厚さ（a）を有し、 \pm 数十 nm 以内の寸法となっている。前記 p型AlGaAs 層からなるリッジ形成用結晶層20と、この上に形成された p型AlGaAs 層からなる p型AlGaAs 層5の和の高さは $1.6\mu\text{m}$ 程度となっている。また、前記 p型GaAs 層6の厚さは $0.25\mu\text{m}$ 程度となっている。

【0013】つぎに、図4に示すように、 p型GaAs 層6上に絶縁膜22が形成される。その後、前記半導体

基板1の主面側にはエピタキシャル成長が施される。この結果、露出する結晶層(リッジ形成用結晶層20)上には、n型GaAs層9なる埋め込み層が形成される。このn型GaAs層9は、その上面がp型GaAs層6の上面と略一致する程度に形成される。

【0014】つぎに、前記絶縁膜22が除去される。その後、p型GaAs層6およびn型GaAs層9の表面、すなわち平坦面には、図5に示すように、常用のエピタキシャル成長法によって厚さ1.2μmのp型GaAs層10が形成される。

【0015】つぎに、前記半導体基板1の主面側には、所定部分に絶縁膜11が設けられるとともに、金系材料からなる電極(アノード電極)12が設けられる。また、前記半導体基板1の裏面側は所定厚さ研削されて、全体の厚さが100μm程度とされた後、金系材料からなる電極(カソード電極)13が設けられる。これによって、図1に示すような半導体レーザ素子が製造されることになる。この半導体レーザ素子は、幅300μm、厚さ100μm、奥行き600μmの大きさとなる。

【0016】

【発明の効果】(1)本発明の半導体レーザ素子の製造方法によれば、前記リッジにあっては、リッジ幅が制御性の優れたホトリソグラフィ技術によって決められるとともに、リッジ厚さは制御性の優れたエピタキシャル成長法によって決められることからリッジ寸法は高精度なものとなるという効果が得られる。

【0017】(2)本発明の半導体レーザ素子の製造方法によれば、前記リッジサイド層は、制御性の優れたエピタキシャル成長法によって形成されるため厚さ寸法は高精度となるという効果が得られる。

【0018】(3)上記(1)および(2)により、本発明の半導体レーザ素子の製造方法によれば、リッジ寸法およびリッジサイド層厚さが常に所定の精度内に製造できることから、製造歩留りが向上するという効果が得られる。

【0019】(4)上記(1)～(3)により、本発明によれば、特性の安定したリッジ導波路型半導体レーザ素子を提供することができるという相乗効果が得られる。

*

*【0020】以上本発明者によってなされた発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。たとえば、実施例では前記リッジは活性層の上の結晶層に設けられたが、活性層の上に1乃至数層の結晶層を設け、その上層にリッジを設ける構造であっても、前記実施例同様な効果が得られる。

10 【0021】以上の説明では主として本発明者によってなされた発明をその背景となった利用分野である0.78μm帯の可視光半導体レーザ素子に本発明を適用したが、他の波長の半導体レーザ素子にも同様に適用できる。また、本発明は他の構造の半導体レーザ素子、たとえば分布帰還型の半導体レーザ素子等にも同様に適用でき、同様の効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体レーザ素子の製造方法によって製造された半導体レーザ素子の断面図である。

20 【図2】本発明の半導体レーザ素子の製造方法におけるリッジサイド層形成用結晶層が設けられた半導体基板等を示す断面図である。

【図3】本発明の半導体レーザ素子の製造方法におけるリッジが形成された半導体基板等を示す断面図である。

【図4】本発明の半導体レーザ素子の製造方法における埋め込み層が形成された半導体基板等を示す断面図である。

【図5】本発明の半導体レーザ素子の製造方法におけるリッジや埋め込み層を被う結晶層が形成された半導体基板等を示す断面図である。

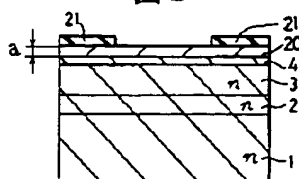
30 【図6】本出願人開発による半導体レーザ素子を示す断面図である。

【符号の説明】

1…半導体基板(n型GaAs基板)、2…n型GaAs層、3…n型AlGaAs層、4…活性層、5…p型AlGaAs層、6…p型GaAs層、7…リッジ(リッジ導波路)、8…リッジサイド層、9…n型GaAs層、10…p型GaAs層、11…絶縁膜、12、13…電極、20…リッジ形成用結晶層、21…マスク、22…絶縁膜。

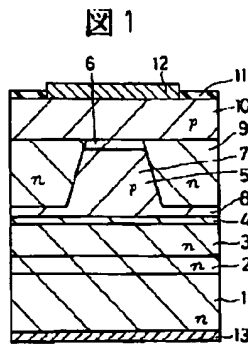
【図2】

図2



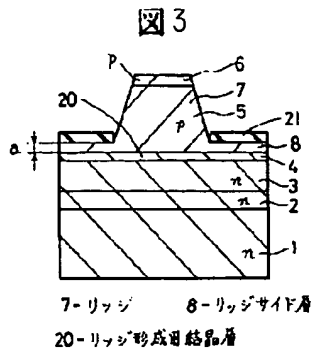
20-リッジ形成用結晶層

【図1】



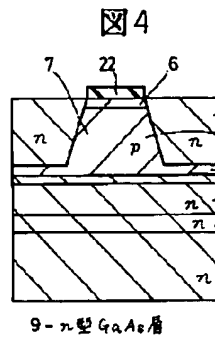
1-半導体基板 4-活性層
7-リッジ 8-リッジサイド層

【図3】



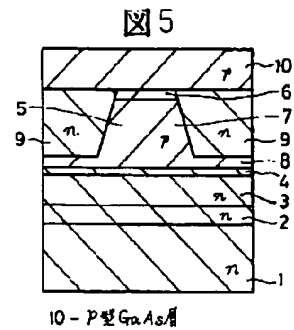
7-リッジ 8-リッジサイド層
20-リッジ形成用結晶層

【図4】



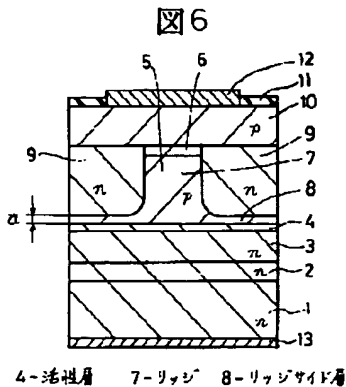
9-n型GaAs層

【図5】



10-P型GaAs層

【図6】



4-活性層 7-リッジ 8-リッジサイド層

フロントページの続き

(72)発明者 古越 堅司

長野県小諸市大字柏木字東大道下190番地
株式会社日立製作所小諸工場内

(72)発明者 柏田 泰利

長野県小諸市大字柏木字東大道下190番地
株式会社日立製作所小諸工場内

~~Heinemann~~ Translation B1

Japanese Laid-open Patent

Laid-open Number: Hei 6-37389
Laid-open Date: February 10, 1994
Application Number: Hei 4-188521
Filing Date: July 16, 1992
Applicant: Hitachi, Ltd.

RECEIVED

OCT 01 2001

COUDERT BROTHERS
SAN FRANCISCO

[Title of the Invention] Method of Manufacturing a Semiconductor
Laser device

[Summary]

[Object] It is intended to improve yield in manufacturing a
semiconductor laser device with a ridge waveguide.

[Structure] After a crystal layer is formed on an active layer 4
by an epitaxial growth method so as to have a thickness of a ridge
side layer 8, a mask is provided by a photolithographic technique
on a region of the crystal layer where the ridge side layer is to
be formed. Afterward, an epitaxial growth layer is formed by the
epitaxial growth method on a portion of the crystal layer that is
not covered with the mask so as to have a predetermined thickness.
Thus, a ridge 7 is formed. With respect to the ridge 7, its width
and thickness are determined by the photolithographic technique
with excellent controllability and the epitaxial growth method with
excellent controllability, respectively. Hence, the ridge 7 has
dimensions with high precision. In addition, the ridge side layer
is formed to have a thickness with high precision by the epitaxial

growth method with excellent controllability.

[Claims]

[Claim 1] A method of manufacturing a semiconductor laser device including an active layer and a crystal layer whose part becomes a ridge and whose portions on both sides of the ridge become a lower ridge side layer than the ridge, the crystal layer being laid directly over the active layer or being laid over the active layer with one or more crystal layers interposed therebetween,

wherein in forming the ridge, after a crystal layer with a thickness of the ridge side layer is formed on the active layer or on a predetermined crystal layer located on the active layer, a mask is formed on a surface of the crystal layer with a thickness of the ridge side layer corresponding to a portion where the ridge side layer is to be formed, then an epitaxial growth layer is formed on an exposed surface of the crystal layer that is not covered with the mask, and thus a desired ridge is formed.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Industrial Application] The present invention relates to a method of manufacturing a semiconductor laser device, particularly, a channel-stripe-type semiconductor laser device. The present invention relates to a technique effectively applied to a method of manufacturing a semiconductor laser device provided with, for example, a ridge (a ridge waveguide) above an active layer.

[0002]

[Prior Art] A buried semiconductor laser is known as one of semiconductor lasers. Japanese Patent Application Laid-Open No. Sho 61-210687 describes a method of manufacturing a buried semiconductor laser formed as follows: after two stripe-shaped masks are formed on a semiconductor substrate, a cladding layer, an active layer, and a cladding layer are laminated sequentially on the substrate; afterward, the masks are removed and then a current constriction layer is formed.

[0003] On the other hand, a channel-stripe-type semiconductor laser device provided with a crystal layer having a ridge above a flat active layer is known as one of the semiconductor lasers with other configurations. For instance, under the title of "Structural Design and Experimental Manufacture of 670nm-Wavelength GaInAsP/AlGaAs Distributed Feedback Laser", a ridge-waveguide-type GaInAsP/AlGaAsDFB laser is disclosed on pages 246 to 252 in "Journal of IEICE C-1 No.5" issued by The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers on May 25, 1990. This reference describes that n-AlGaAs, GaInAsP (active), p-AlGaAs, p-GaInP (a guide layer), p-AlGaAs (a cladding layer), and p-GaAs (a cap layer) are formed sequentially on an n-GaAs substrate and that a ridge waveguide structure is formed by selective etching of the GaAs cap layer and the p-AlGaAs cladding layer.

[0004]

[Problems to be solved by the Invention] As described above, a semiconductor laser having a ridge waveguide structure is known. The present applicant also has developed a semiconductor laser (a semiconductor laser device) having a similar structure. This semiconductor laser (hereinafter also referred to as a "ridge-waveguide-type semiconductor laser") has the following configuration as shown in FIG. 6. That is, after an n-type GaAs layer 2, an n-type AlGaAs layer 3, an active layer 4, a p-type AlGaAs layer 5, and a p-type GaAs layer 6 are formed on an n-type GaAs substrate (a semiconductor substrate) 1, a mask is formed in a stripe form on the upper surface of the top layer, and then a stripe-shaped ridge 7 is formed by etching of the p-type AlGaAs layer 5 to leave its lower part with a predetermined thickness (a). A part of the p-type AlGaAs layer 5 remaining on both sides of the ridge 7, i.e. a ridge side layer 8, is formed to have a predetermined thickness (a) in order to obtain effective current constriction and light absorption. In addition, an n-type GaAs layer 9 is buried on both sides of the ridge 7. A p-type GaAs layer 10 is formed on the entire surfaces of the n-type GaAs layer 9 and the p-type GaAs layer 6. Further, an insulating film 11 is provided selectively on the surface of the p-type GaAs layer 10. Furthermore, an electrode (an anodic electrode) 12 is provided on the p-type GaAs layer 10, and an electrode (a cathodic electrode) 13 is provided on a rear face of the n-type GaAs substrate 1.

[0005] In the manufacture of a ridge (a ridge waveguide) in manufacturing such a ridge-waveguide-type semiconductor laser (a semiconductor laser device), the present applicant forms the ridge by etching (chemical etching) using a stripe-shaped etching mask. However, it was found that the chemical etching caused great variations in the ridge side-face and depth directions and thus the width of the ridge and the thickness of the ridge side layer were not formed easily with high reproducibility. In the ridge-waveguide-type semiconductor laser, the thickness of the ridge side layer has a correlation with device characteristics of a kink level, an astigmatic difference, and an angle of beam emission, and is required to be controlled within a proper range. For instance, the precision in thickness of the ridge side layer is of the order of plus and minus several nanometers. Variations in formation of the ridge side layer accompanied by the formation of the ridge are resulted from variations in epitaxial growth of a thick p-type AlGaAs layer with a thickness of about 1.6 μm for forming the ridge and variations caused in chemical etching of this thick p-type AlGaAs layer. This results in great variations in thickness of the ridge side layer. Hence, it is difficult to improve yield in manufacturing a semiconductor layer device using the method of forming a ridge by conventional chemical etching. Similarly in the case of a buried semiconductor laser according to the above-mentioned reference, an element that can also be called a ridge

is formed and an active layer is formed on the ridge portion. However, it is not described to provide a ridge side layer, and no problem consciousness is found that the thickness of the ridge side layer must be controlled strictly.

[0006] An object of the present invention is to improve yield in manufacturing a ridge-waveguide-type semiconductor laser device through high precision formation of the width of a ridge and the thickness of a ridge side layer. The above-mentioned object and other objects and novel characteristics of the present invention will become clear from the description in the present specification and the accompanying drawings.

[0007]

[Means for solving the Problem] An outline of typical one of the inventions disclosed in the present application is described briefly as follows. In a ridge-waveguide-type semiconductor laser device of the present invention, when a ridge is formed above an active layer, a crystal layer to have a thickness of a ridge side layer is formed by an epitaxial growth method, then a mask is provided by a photolithographic technique in a region of the crystal layer where the ridge side layer is to be formed, an epitaxial growth layer is formed by the epitaxial growth method on a part of the crystal layer that has not been covered with the mask so as to have a predetermined thickness, and thus the ridge and the ridge side layer with desired dimensions are formed.

[0008]

[Effect] As described above, according to the method of manufacturing a semiconductor laser device of the present invention, in forming a ridge and a ridge side layer, the ridge side layer is formed by the epitaxial growth method with excellent controllability and thus has a thickness with high precision. Further, with respect to the ridge, its width is determined by the photolithographic technique with excellent controllability and its thickness by the epitaxial growth method with excellent controllability. Thus, the ridge has dimensions with high precision.

[0009]

[Embodiment] An embodiment of the present invention is described with reference to the drawings as follows. FIG. 1 is a sectional view of a semiconductor laser device manufactured by a method of manufacturing a semiconductor laser device of the present invention. FIGS. 2 to 5 shows states at respective steps in the method of manufacturing a semiconductor laser device of the present invention. FIG. 2 is a sectional view showing a semiconductor substrate and the like in which a crystal layer used for forming a ridge side layer is provided. FIG. 3 is a sectional view showing the semiconductor substrate and the like in which a ridge is formed. FIG. 4 is a sectional view showing the semiconductor substrate and the like in which a buried layer is formed. FIG. 5 is a sectional

view showing the semiconductor substrate and the like in which a crystal layer covering the ridge and the buried layer is formed. [0010] In this embodiment, the description will be made of an embodiment in which the present invention is applied to a 0.78 μm -band visible light semiconductor laser. The semiconductor laser device with a ridge manufactured by the manufacturing method of the present invention has a configuration shown in FIG. 1. That is, this semiconductor laser device has a configuration in which an n-type GaAs layer 2, an n-type AlGaAs layer 3, and an active layer 4 made of AlGaAs are laminated sequentially on a semiconductor substrate (an n-type GaAs substrate) 1. On the active layer 4, a p-type AlGaAs layer 5 is provided that is formed of a ridge 7 with a stripe-shaped protrusion as its center portion and a ridge side layer 8 that extends on both sides of the ridge 7 and is lower than the ridge 7. An upper portion of the ridge 7 is a p-type GaAs layer 6 formed to be laid on the p-type AlGaAs layer 5. On the ridge side layer 8 on both sides of the ridge 7, an n-type GaAs layer 9 is embedded. The surfaces (upper faces) of the n-type GaAs layer 9 and the p-type GaAs layer 6 are substantially flush with each other. A p-type GaAs layer 10 is provided on the p-type GaAs layer 6 and the n-type GaAs layer 9. Further, an insulating film 11 is provided selectively on the surface of the p-type GaAs layer 10. Furthermore, an electrode (an anodic electrode) 12 is provided on the p-type GaAs layer 10 and an electrode (a cathodic electrode) on the rear

surface of the n-type GaAs substrate 1.

[0011] Next, a method of manufacturing such a semiconductor laser device is described with reference to FIGS. 2 to 5. Initially, as shown in FIG. 2, a semiconductor substrate 1 is prepared that is formed of n-type GaAs and has a thickness of a few hundreds of micrometers. Afterward, on the principal surface of this semiconductor substrate 1, an n-type GaAs layer 2 with a thickness of about 0.5 μm , an n-type AlGaAs layer 3 with a thickness of about 1.8 μm , an active layer 4 with a thickness of about 0.1 to 0.2 μm , and a crystal layer 20 for ridge formation that is made of p-type AlGaAs and has a thickness of about 0.2 to 0.3 μm are formed sequentially by a normal epitaxial growth method. The crystal layer 20 for ridge formation eventually forms a ridge side layer. The thickness of the ridge side layer has a considerable effect on the characteristics of the semiconductor laser. Hence, the crystal layer 20 for ridge formation to be the ridge side layer is formed by the epitaxial growth method with high precision controllability, so that the crystal layer 20 for ridge formation has a thickness with high precision. In this embodiment, a thickness (a) of the crystal layer 20 for ridge formation is set to be a thickness of the ridge side layer 8. Therefore, the variation in thickness of the crystal layer 20 for ridge formation can be suppressed to a variation of plus and minus several tens of nanometers or less with respect to a design value. Subsequently,

on the principal-surface side of such a semiconductor substrate 1, a mask 21 formed of an insulating layer is provided by normal photolithography in a region other than a stripe region with a width of about 4 to 5 μm as the center portion.

[0012] Next, the principal-surface side of the semiconductor substrate 1 undergoes normal epitaxial growth. As a result, as shown in FIG. 3, an epitaxial growth layer is formed on the surface of the crystal layer 20 for ridge formation that is not covered with the mask 21. Thus, the ridge 7 is formed. With respect to the ridge 7, its width can be determined by photolithography with high precision controllability and thus is of high precision. Further, the height of the ridge is determined by the epitaxial growth method with high precision controllability and thus is of high precision. In the epitaxial growth, initially, a crystal layer (a p-type AlGaAs layer 5) is formed that is made of p-type AlGaAs that is the same material as that of the crystal layer 20 for ridge formation, and then another crystal layer, i.e. a p-type GaAs layer 6 is formed. As a result, the ridge 7, which are made of the same composition of p-type AlGaAs, and the ridge side layer 8 extending on both sides of this ridge 7 are formed. This ridge side layer 8 has a predetermined thickness (a) with a variation of plus and minus several tens of nanometers or less. A total height of the crystal layer 20 for ridge formation formed of the p-type AlGaAs layer and the p-type AlGaAs layer 5 formed of the p-type

AlGaAs layer provided thereon is about 1.6 μm . The p-type GaAs layer 6 has a thickness of about 0.25 μm .

[0013] Next, as shown in FIG. 4, an insulating film 22 is formed on the p-type GaAs layer 6. Afterward, the principal-surface side of the semiconductor substrate 1 undergoes epitaxial growth. As a result, a buried layer of an n-type GaAs layer 9 is formed on an exposed part of the crystal layer (the crystal layer 20 for ridge formation). This n-type GaAs layer 9 is formed so that its upper surface is substantially flush with the upper surface of the p-type GaAs layer 6.

[0014] Next, the insulating film 22 is removed. Afterward, on the surfaces of the p-type GaAs layer 6 and the n-type GaAs layer 9, i.e. on a flat surface, as shown in FIG. 5, a p-type GaAs layer 10 with a thickness of 1.2 μm is formed by a normal epitaxial growth method.

[0015] Next, on the principal-surface side of the semiconductor substrate 1, an insulating film 11 is provided in a predetermined portion and an electrode (an anodic electrode) 12 made of a gold material is provided. After the overall thickness of about 100 μm is obtained by grinding a portion with a predetermined thickness of the semiconductor substrate 1 on its rear side, an electrode (a cathodic electrode) 13 made of a gold material is provided. Thus, a semiconductor laser device as shown in FIG. 1 is manufactured. This semiconductor laser device has a width of 300 μm , a thickness

of 100 μm , and a depth of 600 μm .

[0016]

[Effects of the Invention] (1) According to the method of manufacturing a semiconductor laser device of the present invention, an effect is obtained that with respect to the ridge, its width is determined by the photolithographic technique with excellent controllability and its thickness is determined by the epitaxial growth method with excellent controllability, so that the dimensions of the ridge are of high precision.

[0017] (2) According to the method of manufacturing a semiconductor laser device of the present invention, an effect is obtained that the ridge side layer is formed by the epitaxial growth method with excellent controllability and thus has a thickness with high precision.

[0018] (3) With (1) and (2) above, according to the method of manufacturing a semiconductor laser device of the present invention, an effect is obtained that manufacture yield improves since the ridge and the ridge side layer can be manufactured to have dimensions and a thickness within predetermined precisions, respectively.

[0019] (4) With (1) to (3) above, according to the present invention, a synergistic effect is obtained that a ridge-waveguide-type semiconductor laser device with stable characteristics can be provided.

[0020] In the above, the invention achieved by the present

inventors was described specifically based on the embodiment. However, the present invention is not limited to the above-mentioned embodiment. It is understood that the present invention can be modified variously within a range that does not depart from the essential points of the present invention. For instance, the ridge was provided in the crystal layer on the active layer in the embodiment. However, the same effect as that obtained in the embodiment can be obtained even when a configuration is employed in which one or more crystal layers are provided on the active layer and the ridge is provided in an upper layer thereof.

[0021] In the above description, the present invention achieved by the present inventors mainly was applied to a 0.78 μ m-band visible light semiconductor laser device included in the application field that served as a background of the present invention. However, the present invention can be applied to semiconductor laser devices for other wavelengths in a similar manner. Moreover, the present invention can be applied to semiconductor laser devices with other configurations, for example, a distributed feedback semiconductor laser device and the like, whereby similar effects can be obtained.

[Brief Description of the Drawings]

[FIG. 1] FIG. 1 is a sectional view showing a semiconductor laser device manufactured by a method of manufacturing a semiconductor laser device according to the present invention.

[FIG. 2] FIG. 2 is a sectional view showing a semiconductor

substrate and the like with a crystal layer for ridge side layer formation provided in the method of manufacturing a semiconductor laser device according to the present invention.

[FIG. 3] FIG. 3 is a sectional view showing the semiconductor substrate and the like with a ridge formed in the method of manufacturing a semiconductor laser device according to the present invention.

[FIG. 4] FIG. 4 is a sectional view showing the semiconductor substrate and the like with a buried layer formed in the method of manufacturing a semiconductor laser device according to the present invention.

[FIG. 5] FIG. 5 is a sectional view showing the semiconductor substrate and the like with a crystal layer covering the ridge and the buried layer formed in the method of manufacturing a semiconductor laser device according to the present invention.

[FIG. 6] FIG. 6 is a sectional view showing a semiconductor laser device developed by the present applicant.

[Description of Reference Symbols]

1...Semiconductor Substrate (N-Type GaAs Substrate), 2...N-Type GaAs Layer, 3...N-Type AlGaAs Layer, 4...Active Layer, 5...P-Type AlGaAs Layer, 6...P-Type GaAs Layer, 7...Ridge (Ridge Waveguide), 8...Ridge Side Layer, 9...N-Type GaAs Layer, 10...P-Type GaAs Layer, 11...Insulating Film, 12,13...Electrode, 20...Crystal Layer for Ridge Formation, 21...Mask, 22...Insulating Film